

Agroécologie et Techniques Innovantes dans les Systèmes de Production Cotonniers

Séminaire 24 – 28 / 9/ 2007, SODECOTON, Projet ESA, Maroua, Cameroun

Thème : SCV et Agronomie dans les Systèmes Cotonniers

Présentation du Projet SCV Mali

F.Sissoko¹ (IER), P.Autfray² (Cirad), A.Keita³ (APCAM), C.M.Konaté⁴ (CMDT)

1. LES SYSTEMES DE PRODUCTION COTON AU MALI

1.1 L'importance du coton dans les exploitations du sud Mali

Au Mali, la culture du coton est pluviale et repose sur une rotation céréales - coton. Elle est pratiquée au sud du pays sur environ 160.000 km² (**Fig.1**) avec des pluviométries moyennes annuelles comprises actuellement entre 700 et 1.200 mm/ an. Cette production concerne plus de 180.000 exploitations avec une superficie moyenne par exploitation autour de 3 hectares. Le recours à la traction animale est très fréquent pour un bon nombre d'opérations culturales : transport de résidus et de fumier, préparation des sols avant semis (labour ou scarifiage), lutte contre les adventices (scarifiage, buttage), transport des récoltes.

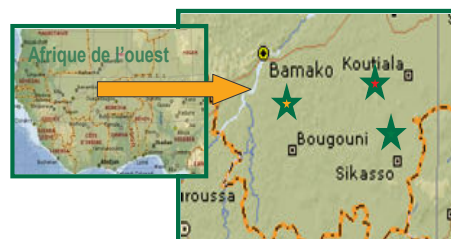


Fig 1. Le Mali en Afrique de l'Ouest ; la zone cotonnière se concentre au sud du pays près des villes de Bamako, Bougouni, Sikasso, Koutiala ; les étoiles mentionnent les sites principaux des activités SCV initiées en 2005.

La population agricole impliquée dans le système coton est d'au moins 3,7 millions (Deveze et Des Fontaines, 2007). Le pays a été pendant quelques années le premier producteur de coton fibres en Afrique (**Fig 2**).

Actuellement les revenus liés au coton avoisinent environ 25% des revenus globaux de l'exploitation et constituent la garantie pour l'octroi d'engrais à crédit, utilisés à la fois sur cette culture et les céréales (Djouara et al, 2005).

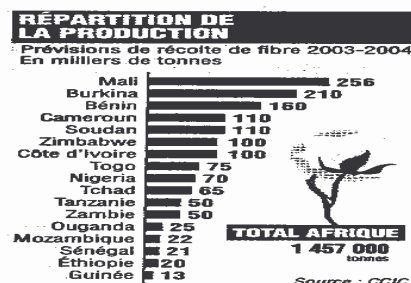


Fig 2. Le Mali : premier producteur de coton en Afrique lors de la campagne 2003-2004 ; d'après Deveze et Desfontaines, 2007.

¹ Agronome Programme Coton IER BP 62 Sikasso Mali, Responsable Projet SCV Mali

² Agronome UR SCV Cirad Bp 1813 Bamako Mali, Co - responsable Projet SCV Mali

³ Agronome Conseiller Technique APCAM, suivi activités PASE Mali

⁴ Agronome Responsable Suivi-Evaluation CMDT, suivi activités PASE Mali

1.2 Une gestion agrosylvopastorale qui a constitué un modèle

En zone CMDT comme en zone OHVN, les revenus tirés du coton ont permis aux agriculteurs d'acquérir des bœufs de traction animale, puis des petits troupeaux (**Photo 1 ; Tab.1**). Les exploitations grâce à l'élevage et au recyclage des résidus de culture produisent de la fumure organique qui complète ainsi les apports en fumures minérales sur coton et maïs. Les apports moyens sont estimés à (Keita et al., 2006) :

- 150 à 200 kg/ha/an engrais sur coton et maïs ;
- 2.7 t/ha/an de fumure organique sur les parcelles recevant du coton dans la rotation.

La présence dans l'assolement de cultures céréalières traditionnelles à forte production en tiges (taille haute) et à faibles exportations minérales par les récoltes, permet une meilleure gestion de la fertilité des sols (**Photo 1 de droite**).

Le coton malien est ainsi un des cotons au monde produit avec le moins d'intrants, grâce à la généralisation d'une culture continue associant rotations de culture, apports organiques et relative faible pression parasitaire (recours à des traitements insecticides raisonnés ; entre 2 à 4 litres /ha/campagne, dont des programmes de Lutte Etagée Ciblée et de Traitements sur Seuil sur 20% des superficies).



Photo 1. Le sud Mali et le système coton :

- à gauche utilisation de la traction animale, de la fumure organique, de l'élevage au sein d'un parc arboré ;
- à droite : forte biomasse restant sur le sol avec une culture de mil

Tab 1. Typologie des exploitations agricoles en zone CMDT.

Données	Classe des exploitations CMDT			
	A	B	C	D
Equipement moyen	> 2 unités paire de boeufs	Au moins 1 unité de paire de boeufs	Début d'équipement	Culture manuelle
Importance en superficie cultivée	39%	50%		11%
Superficie moyenne	15 ha	9 ha		4 ha
Nombre moyen de personnes	26 (3 à 5 ménages)	14 (2 ménages)		7 (1 ménage)
Nombre moyen de Bovins	> 10 têtes	<= 10 têtes		Non significatif

1.3 La baisse des rendements en coton et augmentation du coût relatif des intrants

Malgré ces efforts d'intensification raisonnée et d'association agriculture élevage vulgarisés par les structures de développement (CMDT et OHVN), les rendements moyens en coton au Mali baissent régulièrement depuis les 15 dernières années. Même si cette baisse s'est accompagnée au début d'une augmentation des superficies cultivées en coton permettant des gains de revenus à l'échelle de l'exploitation, la diminution du prix d'achat du coton graines intervenue depuis la campagne 2005-2006 ne fait qu'accroître le coût des intrants exprimés en équivalent de kilos de coton (**Fig.3**).

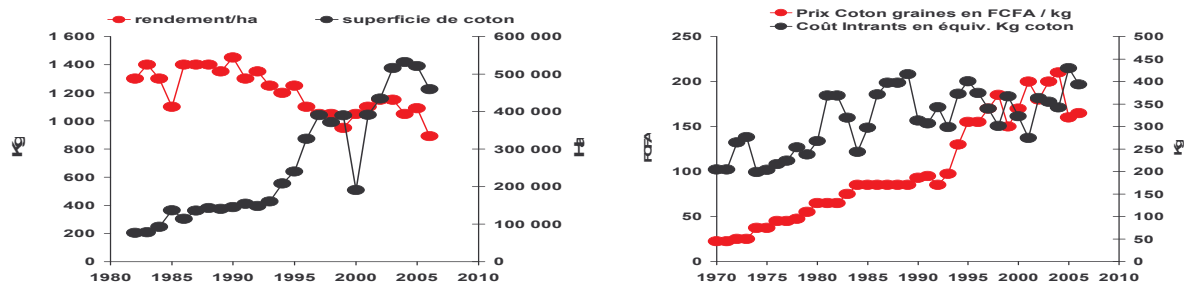


Fig.3. Evolution et situation actuelle du coton au Mali :

- à gauche, extension des superficies puis stagnation voir diminution, accompagnée d'une baisse des rendements régulière depuis les années 90 ;
- à droite, augmentation continue du prix d'achat du coton au producteur suivie d'une baisse récente ; l'augmentation du coût des intrants exprimé en équivalent coton n'a cessé d'augmenter.

Les revenus agricoles baissent alors que les possibilités de diversification demeurent limitées notamment dans les régions ayant un espace foncier et un environnement climatique défavorables, comme le vieux bassin cotonnier (saturation de l'élevage, surproductions céréalières, impossibilité de faire du maraîchage, ...).

En plus de ces contraintes économiques récentes, il a été constaté des signes inquiétants d'appauvrissement des sols en certains éléments dans les parcelles cultivées sans repos depuis plus de 40 années, notamment dans la zone du vieux bassin cotonnier.

Ainsi, en 2005 et 2006, les productions de coton graine ont atteint respectivement 534.143 tonnes et 410.370 tonnes avec des rendements de 970kg/ha et de 890 kg/ha.

1.4 La baisse de la fertilité des sols ; fatigue organique

L'hypothèse partagée actuellement par l'ensemble de acteurs du système coton (producteurs, représentations paysannes, Chambres d'Agriculture, structures de développement, recherches agronomiques nationale et internationale), est que cette faible productivité de la terre ne peut-être résolue par les seuls apports de fumures minérales ou organiques, en quantités généralement insuffisantes par rapport aux besoins. Les sols dans l'ancien bassin cotonnier ont atteint des valeurs en matières organiques atteignant des seuils critiques 0.3 % de C sur les 10 premiers centimètres (Fig 4). Les sols de la zone cotonnière sont très riches en sables avec des capacités d'échanges faibles.

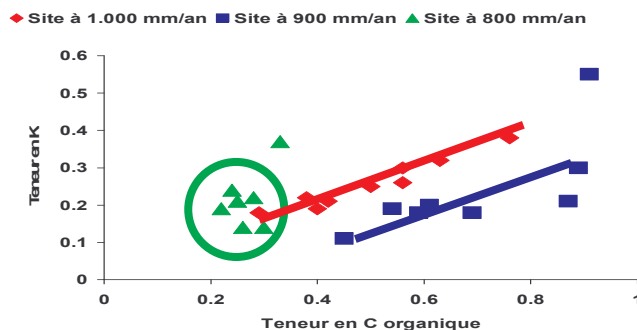


Fig.4. Analyses de sol 0-10 cm de champs cultivés : relation entre C organique et potassium échangeable

- site à 800 mm : situation de seuil critique en matières organiques et en potassium ;
 - sites à 900 et 1.000 mm/an ; relation entre C et K échangeable ;
- données Projet SCV Mali ; Sissoko et Autfray, 2007.

Les apports organiques obtenus par des recyclages divers (ordures ménagères, résidus de culture, excréments) ont en moyenne des faibles teneurs en C en raison d'un taux de mélange important avec du sol. Quand on compare les quantités théoriques apportées en C organique par les apports et des résidus de culture laissés sur place (en ne tenant pas compte des systèmes racinaires), on remarque que ces derniers sont bien plus importants, jusqu'à 6 fois plus, pour du sorgho traditionnel (Fig.5).

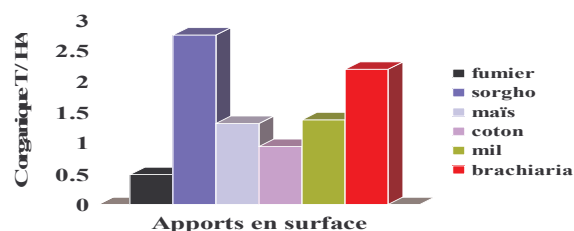


Fig.5. Quantités de C (T/ha) théoriques comparées entre un apport organique moyen « fumier » et des résidus laissés sur le sol : tiges de sorgho, maïs, coton, mil ou Brachiaria ruziziensis ; d'après Sissoko et Autfray, 2007.

Ce constat de faiblesse des teneurs en matières organiques est lié d'une part à l'importance des prélèvements par le bétail lors de la divagation qui se prolonge jusqu'à 6 mois dans l'année et par le brûlis des résidus restants au moment de la préparation des terrains pour le labour. L'outillage de culture attelée n'est pas adapté à travailler sur les parcelles avec résidus (**Photo 2**).



Photo 2. Les raisons de la faiblesse de restitutions organiques par les résidus :

- à gauche : la vaine pâture et la forte charge en gros bétail ;
- au milieu : le reste des résidus est brûlé ;
- à droite : les outils de traction animale existants ne sont pas adaptés à la présence de résidus sur le sol (bourage avec tiges de sorgho)

1.5 Déficience en potassium : du sol à la plante

Une des conséquences les plus inquiétantes de cette situation est l'apparition généralisée sur le cotonnier au cours de sa croissance de symptômes en carence potassique au niveau des feuilles, accompagnée ou non de carence magnésienne (**Photo 3**).



Photo 3. Feuilles de coton 2 mois après semis : déficiences en Potassium (à gauche) et en Magnésium (à droite) ; d'après Gaborel et al, 2006.

En 2004 une tournée dans différents champs de coton a permis de montrer l'importance de ces carences minérales (Gaborel et al., 2006)(**Tab.2**).

Tab. 2. Fréquences (%) des symptômes de déficience observés sur coton dans un tournée en zone CMDT/OHVN en 2004 (d'après Gaborel et al., 2006).				
Région	Azote	Phosphore	Potassium	Magnésium
Koutiala (vieux bassin cotonnier)	100	0	97	84
Kita (zone nouvelle)	10	0	91	58
Sikasso (zone intermédiaire)	25	0	52	50

A court terme la recherche Malienne (IER) et la CMDT envisagent de modifier les programmes de fertilisation par une augmentation des doses (250 kg/ha au lieu de 200 kg/ha) tout en renforçant la teneur en potassium et en ajoutant du magnésium.

2. OPTIONS ET PREMIERS RESULTATS DU PROJET SCV MALI PHASE 1 (2005, 2006 et 2007)

2.1 Objectifs et démarche du Projet SCV Mali Phase 1

Le Projet SCV est intégré au PASE (Programme d'Amélioration des Systèmes d'Exploitation en Zone Cotonnière) financé par l'Etat Malien et l'AFD (Agence Française de Développement). Différentes

actions sont réalisées dont un appui aux renforcements des Organisations Paysannes et des actions de Recherche-Développement.

Ce projet est intégré dans le PTA (Programme Transversal d'Action en Agroécologie) qui bénéficie d'un co-financement du MAE (Ministères des Affaires Etrangères Français), du FFEM (Fonds Français d'Environnement Mondial, de l'AFD et du CIRAD à travers l'animation de 5 projets SCV dans différents pays : Madagascar, Laos, Cameroun, Tunisie, Mali.

Le Projet vise à mettre au point avec les exploitations agricoles de la zone cotonnière du Mali, de nouveaux modes de gestion des sols qui permettent de conserver ou d'améliorer la fertilité des sols cultivés, tout en demeurant économiquement et socialement attractifs.

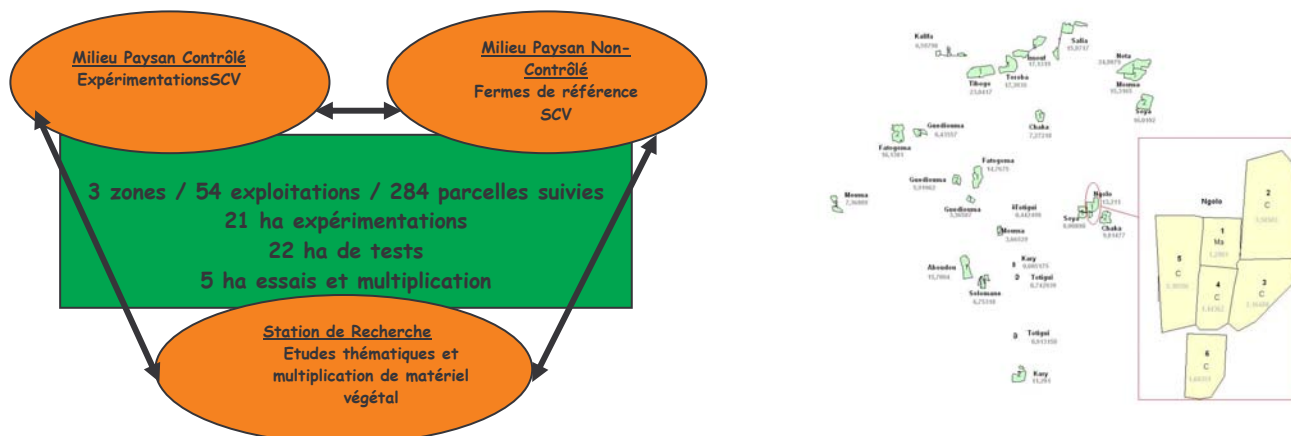


Fig 6. Démarche d'ensemble de l'équipe de recherche du Projet SCV sur 2005-2007 : tester la faisabilité technique économique et sociale à l'échelle de la parcelle (à gauche) ; l'approche ferme de référence commence pas relever l'ensemble des parcelles de chaque exploitation en appui au Conseil à l'Exploitation Familiale (à droite).

La démarche adoptée par le Projet SCV se caractérise par 3 niveaux d'études complémentaires (**Fig. 6**) :

- Les expérimentations en « milieu paysan contrôlé » où les innovations sur les SCV sont créées;
- Les essais en station lieu privilégié d'études explicatives, de multiplication de matériel végétal et de tests d'innovations à risque ;
- En « milieu paysan non-contrôlé », des enquêtes au niveau des systèmes actuels et des tests SCV à l'échelle de l'exploitation agricole.

Pour les différents niveaux d'études, le système de culture « coton-céréales » en rotations biennale ou triennale est évalué en inter - action avec le niveau de fertilité de sol (type, fumure organique et engrais) et la disponibilité en facteurs de production tels que les herbicides et les outils de traction animale.

Sur cette première période, la parcelle, les systèmes de culture et l'exploitation agricole sont donc nos principaux objets d'études, même si les SCV devront nécessiter pour une plus large diffusion des actions à l'échelle des exploitations et du terroir (envisagées dans la deuxième phase du Projet 2008-2011).

2.2 Le défi technique face aux enjeux économique et écologique

La situation de la zone cotonnière malienne n'a jamais semblé aussi inquiétante, c'est dans ce contexte que le Projet SCV et ses partenaires doivent trouver des solutions qui se résument à : comment à niveau d'intrants limité peut-on améliorer la productivité du travail et de la terre tout en limitant la pénibilité du travail ?

Pour cela les SCV devront également intégrer les avancées techniques en cours de développement comme le Traitement sur Seuil, l'amélioration des itinéraires techniques, l'utilisation des régulateurs de croissance associés à de fortes densités.

Les Systèmes de Culture sur couverture Végétale constituent pour l'instant la seule alternative technique aux systèmes conventionnels qui peut, dans le cadre d'une agriculture permanente, potentiellement réunir à la fois des avantages :

- sur le court terme en terme de réduction de la pénibilité du travail et d'augmentation des rendements ;
- sur le long terme un cycle vertueux d'amélioration de la fertilité des sols.

Des marges d'amélioration apparemment faciles existent au niveau du Mali comme celle de l'obtention de meilleures densités de peuplement qui actuellement et pour des raisons multiples sont loin d'être optimales (voir **Fig 7**).

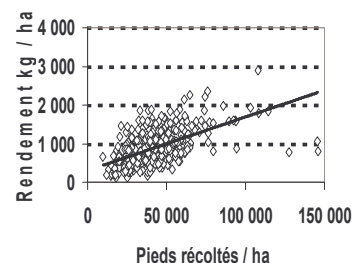


Fig.7. Les densités moyennes obtenues sur coton actuellement au Mali paraissent en moyenne faibles ; autour de 40.000 p/ha ; données Projet SCV Mali 2006.

Tab.3. Coton ; Itinéraires Techniques comparés en Systèmes Conventionnels et SCV selon les différentes thématiques.

Thématiques		Systèmes conventionnels	SCV	Conditions d'obtention des avantages SCV
Court terme	Peuplement Végétal	Peuplements faibles : <50.000 plants/ha : faible qualité des semences, non - délintées, Le travail du sol attelé améliore l'infiltration de l'eau à court terme ; plus le sol est sableux, plus cet effet est fugace.	Augmentation des densités par la réduction des écartements, utilisation de régulateurs de croissance	Semoirs attelés spécifiques
	Alimentation hydrique		La réduction du ruissellement et de l'évaporation du sol nécessite une couverture minimale du sol de 70%	Semences de qualité : bonne conservation et délintage,
	Nutrition minérale	Apports en 1 ou 2 fois au buttage ou sur la ligne de semis	Apport en 2 ou 3 fois : en localisé et enfoui à côté des semences	Semis précoces (profiter des premières pluies et éviter des risques d'excès d'eau du mois de juillet)
	Gestion des adventices	Labour, scarifiage, sarclage manuel et herbicide à faible dose	Utilisation d'herbicides peu coûteux	Renforcement nécessaire de la fertilisation N sur sol pauvre pour éviter la faim en N
	Protection des Cultures	Faible niveau, forte variabilité : du traitement calendaire à la LEC ou au traitement sur seuil	Généralisation du traitement sur seuil	Programmes spécifiques à concevoir en fonction des types de sol, du climat
	Pénibilité du travail	Forte en cas de faible disponibilité en main d'oeuvre	Diminution importante du travail et plus grande plasticité dans le calendrier de travail	Absence de pestes végétales résistantes aux herbicides
	Gestion des résidus	Transportés, brûlés, consommés par les animaux	Laissés sur place	Aucune contrainte spécifique notamment de conservation des tiges de cotonniers sur la parcelle
Moyen et long terme	Fertilités chimique et organique	Faible niveau	On part d'une fertilité bonne ou redressée précédemment par un apport organique	Peu d'intérêt de faire des SCV à court terme si la disponibilité en main d'œuvre est importante
	Fertilités biologique et physique	Très faibles : peu de macrofaune et formation d'une semelle de labour	Effets positifs cumulatifs	Nécessité de changer les techniques de récolte pour les céréales Mise au point d'un broyage pour les tiges de coton Eviter un épandage de fumure organique en SCV la première année (apport de graines de mauvaises herbes) La faible fertilité physique des sols ferrugineux nécessite un minimum de temps pour escompter des effets positifs

Ils devront également prendre place au niveau de l'exploitation l'idéal étant de partir d'un précédent où la fertilité est bonne, voir redressée par un apport organique précédent. Ainsi certaines techniques conventionnelles pourraient s'avérer pertinentes lors de la mise en place d'un SCV : apport de fumier, labour de manière à partir d'un précédent ayant une fertilité redressée et sans contraintes de mauvaises herbes à court terme. En cas d'adventices difficilement maîtrisables par les herbicides (exemple des *Commelinacées*), il conviendrait en première année de choisir des parcelles exemptes de ce type de peste végétale. Une synthèse des ITK sur coton entre les systèmes conventionnels et les SCV est présentée dans le tableau suivant (**Tab.3**) avec les principales conditions de diffusion à ces innovations.

Dans le tableau suivant (**Tab.4**) sont reportés les avantages et contraintes à la diffusion aux SCV spécifiques à la zone cotonnière du Mali.

Tab. 4. Avantages et contraintes à la diffusion des SCV au sud Mali: aspects socio-économiques ; Sissoko et Autray, 2006.		
Thématiques	Atouts	Contraintes
Intégration agriculture-élevage	<ul style="list-style-type: none"> - Les agriculteurs sont aussi éleveurs et peuvent réserver leurs parcelles à leurs animaux - Disponibilité en fumure organique 	<ul style="list-style-type: none"> - Pâturage libre des parcelles
Mécanisation	<ul style="list-style-type: none"> - Réseau de forgerons fabriquant du matériel agricole 	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel agricole existant fait pour des systèmes avec travail du sol
Maîtrise technique	<ul style="list-style-type: none"> - Bon niveau de technicité agricole lié à la pratique de la traction animale et de la culture du coton - Généralisation de la rotation culturale 	<ul style="list-style-type: none"> - Développement récent des programmes herbicides
Pratiques actuelles	<ul style="list-style-type: none"> - Evolution vers un travail du sol simplifié - Insertion dans les rotations de cultures produisant beaucoup de résidus (sorgho, mil) - Contraintes de pointes de travail en phase d'implantation des cultures 	<ul style="list-style-type: none"> - Fréquence de la rotation biennale « coton – maïs » qui produit et laisse peu de résidus - Réduction des quantités d'intrants appliquées suite à baisse du prix d'achat du coton - Coût faible de l'utilisation de la traction animale (main d'œuvre familiale)
Climat	<ul style="list-style-type: none"> - Potentiel d'amélioration important en zone sèche par l'économie de l'eau : gains de rendement liés au semis précoce 	<ul style="list-style-type: none"> - Courte saison des pluies (l'essentiel de la zone cotonnière se situe entre les isohyètes 800 à 1.100 mm) qui limite les possibilités d'inter-cultures et de cultures en relais
Sol	<ul style="list-style-type: none"> - Potentiel d'amélioration important du taux de matières organiques sur sols sableux par une simple conservation des résidus - Forte activité biologique en saison sèche des termites qui permet un fractionnement préalable des résidus grossiers (tiges de sorgho, mil) et un enfouissement au sol 	<ul style="list-style-type: none"> - Faible structure et redressement physique de la fertilité qui peut-être long à établir

2.3 Premiers résultats sur l'amélioration du bilan hydrique

Les premiers résultats obtenus en station de recherche confirment un potentiel important d'amélioration des différentes composantes du bilan hydrique par la présence d'une couverture végétale :

- réduction du ruissellement ;
- limitation de l'évaporation du sol ;
- augmentation de l'infiltration.

La réduction du ruissellement peut-être significative même avec un taux de couverture limité.

La diminution de l'évaporation du sol est très liée à la couverture du sol réalisée par le paillage qui dépend à la fois du type de résidus et la quantité de résidus sur le sol (**Fig.8**). Ainsi les tiges fines comme celles de *Brachiaria ruziziensis* ou les pailles de graminées sauvages (genre *Andropogon* ou *Pennisetum*) ont un taux de couverture optimale pour une biomasse minimale. Pour avoir 80% de couverture, il faut 3 tonnes de *Brachiaria* contre 12 tonnes pour le sorgho. Les tiges de maïs, sorgho peuvent apporter une couverture intéressante pourvu qu'un mode approprié de récolte soit adopté. Par contre les tiges de coton n'offrent pas une bonne couverture du sol quelque soit le niveau de biomasse. Elles nécessiteraient d'être découpées à la main ou d'être broyées mécaniquement.

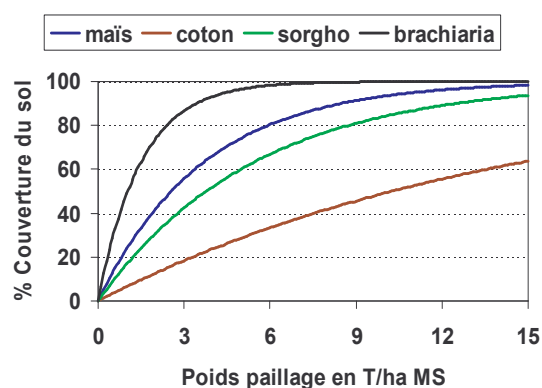


Fig.8. Potentiel de réduction de l'évaporation du sol en SCV : relations théoriques entre les quantités de 4 types de résidus de culture et la couverture du sol ; on estime que la conservation de l'humidité du sol par diminution de la température est linéairement proportionnelle à la couverture du sol ; d'après Findeling, 2001.

En système conventionnel, il est reconnu que le travail du sol peut améliorer l'infiltration en cassant la croûte de battance formée après une pluie et en augmentant la porosité du sol (**Tab.5**). Les SCV peuvent généralement à court terme montrer un certain tassement du sol (baisse de la porosité et augmentation de la densité apparente). Par contre sur le long terme l'amélioration de l'infiltration par les SCV dépendra des effets cumulés des activités biologiques par les systèmes racinaires des plantes associées (les graminées pérennes étant les plus actives) et aussi par celles de la macrofaune du sol dont principalement les termites et les vers de terre. L'amélioration de l'infiltration sur labour est généralement très fugace.

Tab.5. Coefficients de ruissellement obtenus dans les parcelles avant et après labour ; Sissoko, données non publiées.			
Système de culture	Pluies		
	13 mm avant labour	16 mm 3 jours après le labour	17,6 mm 14 jours après le labour
Labour	3,44	0,03	17,78
SCV	0,30	0,71	3,05

En début de cycle l'amélioration par la présence de la couverture du sol sur ces 3 composantes du bilan hydrique (ruissellement, infiltration, évaporation) permet d'envisager une levée plus rapide et plus importante occasionnant de meilleurs peuplements végétaux. Ces meilleures densités associées à un semis précoce ont permis dès la première année de montrer en milieu contrôlé une amélioration potentielle du rendement.

Il semblerait qu'une augmentation du niveau de fertilité soit mieux valorisée par une couverture optimale du sol (**Fig.9**).

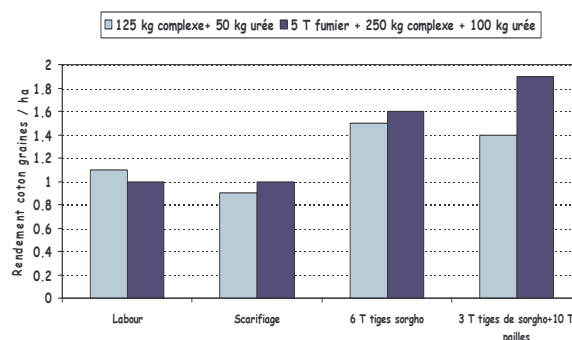


Fig.9. Effets sur le rendement du cotonnier de systèmes conventionnels et SCV en 1^{ère} année par apport extérieur de résidus : les SCV ont été semés 10 jours plus tôt et ont bénéficié de meilleures densités.

Tout au long du cycle, il convient également de gérer les excès d'eau qui peuvent occasionner un fort ruissellement entraînant les semences, une stagnation de l'eau en relation avec la création d'une semelle de labour (**Photo 4**).



Photo 4. Pendant la période de forte pluies l'eau stagne entre les billons en Systèmes Conventionnels après buttage (à gauche) alors qu'en SCV ce phénomène n'existe pas (à droite).

2.4 Premiers résultats sur la réduction des temps de travaux en milieu paysan

En milieu paysan une diminution significative des temps de travaux en SCV a été montrée à la fois en coton et en céréales grâce au recours à des programmes d'herbicides spécifiques. Cette réduction des temps de travaux peut-être dépendante des conditions climatiques en relation avec les spécificités de certaines matières actives herbicides à effet résiduel (*diuron*, *atrazine*) dont l'efficacité est liée aux pluies qui succèdent à l'application des traitements (**Fig.10**).

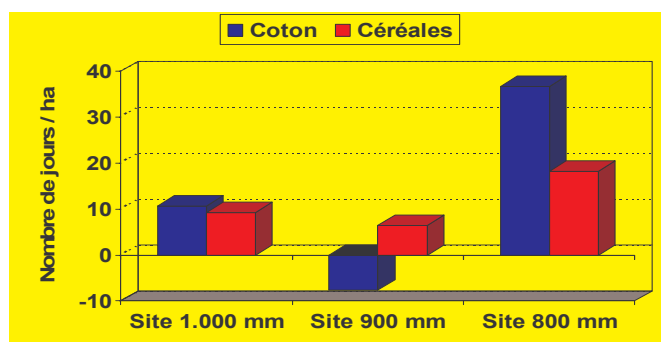


Fig.10. Réduction des temps de travaux en SCV par rapport aux Systèmes Conventionnels sur les 3 sites expérimentations en 2006 ; les résultats sont notamment liés aux conditions pluviométriques lors des traitements de prélevée ; diuron pour le coton ; atrazine pour les céréales.

2.5 Premiers résultats sur l'augmentation des rendements en milieu paysan

Les rendements obtenus sur les expérimentations en milieu réel sur des expérimentations de 1 ha dans le cadre de rotations biennales coton-céréales avec un niveau d'intensification proche de celui utilisé en moyenne par les agriculteurs (150 kg/ha de complexe + 50 kg/ha d'urée et 3 à 4 litres d'insecticides/ha) montrent sur coton des améliorations sur SCV lorsque (**Fig.11**) :

- les semis sont effectués plus tôt (exemple, Oudiouma en 2005 et 2006) en relation avec de nombreux facteurs influant sur le rendement, (**Photo 5**) ;
- par une maîtrise précoce de l'enherbement (exemple Issa en 2005 et 2006), (**Photo 6**).

moyenne 2005 = 1209 kg / ha
moyenne 2006 = 951 kg / ha

moyenne tem = 938 kg / ha
moyenne SCV = 1222 kg / ha

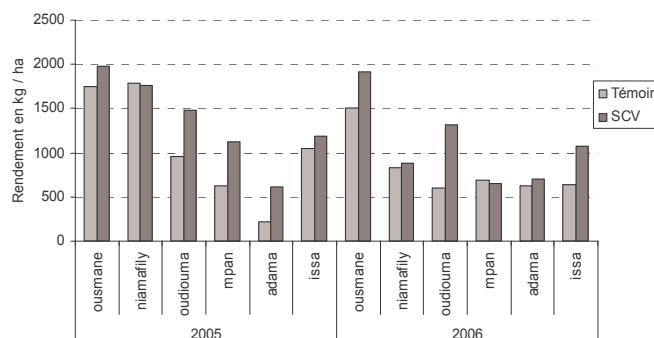


Fig.11. Expérimentations en milieu réel contrôlé: comparaison des rendements coton entre systèmes conventionnels et SCV sur les mêmes parcelles en 2005 et 2006.



Photo 5. Effet du semis précoce et de la présence de couverture végétale sur la levée du coton ; à gauche, système conventionnel (SC) ; à droite SCV, où le peuplement est plus homogène ; bilan final : 1 T/ha sur SC et 1.5 sur SCV.



Photo 6. Bonne maîtrise de l'enherbement en SCV jusqu'à 2 mois après semis avec un traitement de prélevée à base de diuron ; la maîtrise de l'enherbement sur les 30 premiers jours est une des clefs de l'obtention de bons rendements sur coton ; bilan final : 0.6 T :ha sur SC ; 1 T/ha sur SCV

Les rendements obtenus en céréales sur les mêmes expérimentations en milieu réel montrent (**Fig.12**) :

- Un potentiel d'augmentation des rendements sur maïs en SCV notamment grâce à la performance de semoir-épandeurs brésiliens qui permet à la fois une localisation de l'engrais au semis et de meilleures densités (exemple Niamafily en 2006) ;
- Par une meilleure maîtrise de l'enherbement (Issa en 2006) ;
- Des résultats peu différents entre SC et SCV avec un sorgho traditionnel

moyenne maïs 2005 = 2104 et sorgho 2005 = 886 kg / ha moyenne tem maïs = 2095 et sorgho = 1060 kg / ha
moyenne maïs 2006 = 3036 et sorgho 2006 = 1271 kg / ha moyenne SCV maïs = 2784 et sorgho = 1087 kg / ha

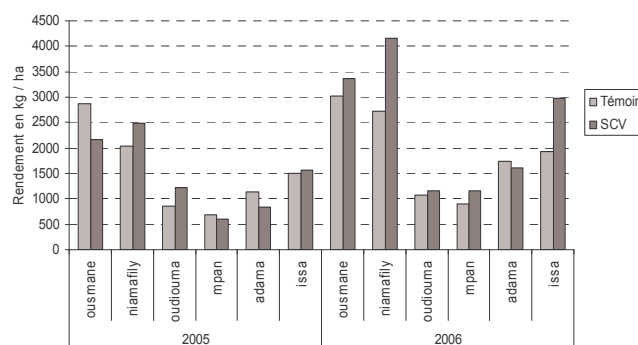


Fig.12. Expérimentations en milieu réel contrôlé: comparaison des rendements céréales entre systèmes conventionnels et SCV sur les mêmes parcelles en 2005 et 2006.



Photo 7. Importation au Mali de 6 semoirs - épandeurs de culture attelés : possibilité de localiser l'engrais et la semence.



Photo 8. A gauche SCV avec semis de maïs dans tiges de coton avec apport de complexe (100 kg/ha) réalisé avec le matériel brésilien ; à droite SC semé le même jour ; bilan : 2.7 T/ha sur SC ; 4 T/ha sur SCV en relation notamment avec la densité de peuplement



Photo 9. Reproduction locale et test du semoir-épandeur sur résidus de sorgo en partenariat avec les agriculteurs et le constructeur de matériel.

2.6 La création d'un référentiel d'études sur l'évolution et l'amélioration des stocks organiques du sol en systèmes conventionnels et SCV

Un référentiel est en cours de constitution en milieu paysan et sur des sites de recherche sur l'évolution des stocks des Matières Organiques du Sol (MOS) et de leurs qualités. Les premières projections précisent les conditions liées à leur amélioration rapide ou à leur conservation selon les différents âges de mise en culture des parcelles concernées par la culture du coton.

Deux principaux outils sont utilisés :

- Détermination de la valeur seuil critique en MOS à partir de laquelle les rendements sont affectés. Des prélèvements de sol en surface complétés par des enquêtes auprès des producteurs (hypothèse pour le coton de relation entre %C des sols en surface, teneurs en K échangeable et rendement) sont effectués chez 54 exploitations agricoles (283 parcelles);
- Modélisation de l'évolution des stocks en MOS en surface par l'application du modèle de Hénin-Dupuis au niveau des parcelles d'expérimentations pérennisées comparant les Systèmes Conventionnels et les SCV en station et en milieu réel.

Les MOS ont un rôle primordial dans le maintien de la fertilité des sols et plus particulièrement dans les sols sableux où la Capacité d'Echange Cationique des sols dépend étroitement de ces teneurs.

Un premier jeu d'analyses de sol effectuées en surface montre qu'à elle seule la détermination du taux en C (ou MOS) suffirait à prédire sur la richesse minérale des sols en cations. Seul le phosphore assimilable (et également le pH qui semble atteindre rarement des seuils critiques pour le coton) n'est pas corrélé avec les teneurs en matières organiques du sol (**Fig.13**).

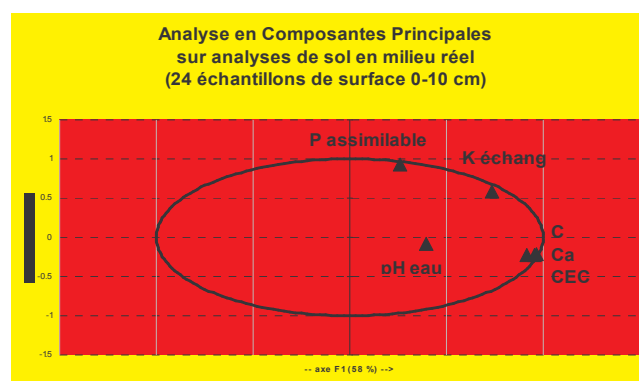


Fig.13. Illustration du rôle primordial des MOS (C) pour les sols de la zone cotonnière : sa valeur est fortement corrélée à la CEC et aux cations (voir Figure 4).

L'évolution à moyen et long terme des MOS est approchée grâce à l'utilisation d'un modèle simple qui est basé sur une équation où l'on évolue les stocks la différence entre les pertes du sol (minéralisation du sol) et les gains (apports organiques).

Ce modèle est basé sur l'hypothèse qu'en absence d'érosion des sols, l'évolution des stocks en MOS est le bilan entre les apports et les pertes (**Fig 14**):

- Différence d'évolution des stocks en C du sol = Apports organiques au niveau du sol (quantité de C * coefficient d'humification K_1) – Pertes du sol (quantité de C du sol * coefficient de minéralisation K_2).



Fig.14. Schéma représentant les bases du modèle Hénin-Dupuis ; un modèle conceptuel simple bien adapté à des comparaisons des stocks de sol de surface en C (MOS) soumis à des gestions très différenciées en terme de travail du sol et d'apports organiques.

Les pertes par le sol en Systèmes conventionnels peuvent être estimées par une mesure du coefficient de minéralisation K_2 par des prélèvements de sol à un temps (T) de parcelles avec un âge de mise en culture différencié avec si possible une évaluation du stock de départ sur une parcelle non cultivée, dans les conditions suivantes :

- pas d'érosion de sol ;
- pas d'apports d'organiques recyclés ;
- faiblesses des restitutions organiques limitées aux systèmes racinaires des cultures.

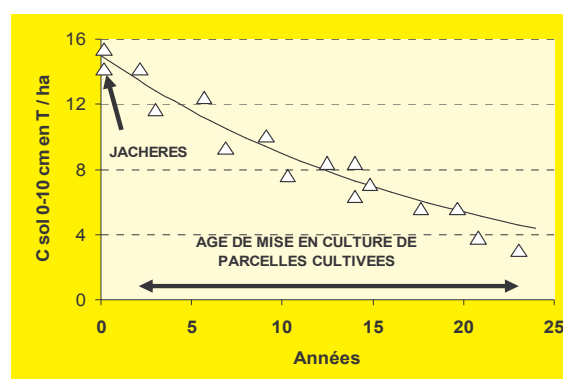


Fig.15. Exemple d'étude diachronique des stocks en C du sol à un instant T ; elle permet une estimation du K_2

La mesure du K_2 en SCV nécessite d'être mesurée sur des expérimentations spécifiques car du fait de la réduction de la température du sol (qui diminue la minéralisation) et de l'augmentation de l'humidité du sol (qui l'augmente) des mesures spécifiques sont nécessaires, en admettant l'hypothèse que cette valeur sera globalement diminuée par rapport aux systèmes conventionnels, en raison notamment d'une réduction de la température du sol sous couvert végétal (Sa et al., 2004).

Si la mesure du K_2 peut-être déterminée en même temps que celle du K_1 par des mesures de variation de stocks à 3 moments différents sur des expérimentations de longue durée (12 à 15 années), une mesure indirecte du K_1 peut-être effectuée par des voies d'analyses biochimiques. Nous avons retenu comme méthode celle de la mesure de l'ISB (Indice de Stabilité Structurale) qui peut être appliquée en systèmes conventionnels aux apports organiques et en SCV à des mesures sur les résidus de cultures et de plantes de couverture. Ces mesures sont effectuées grâce à des analyses classiques utilisées pour la détermination de classes de digestibilité de fibres végétales (Méthode Van-Soest).

L'ISB (Indice de Stabilité Biologique; Linères et Djakovitch, 1993) = $2.122 - (0.0209 * \text{solubles}) - (0.02378 * \text{hémicellulose}) + (0.0084 * \text{lignine}) - (0.02216 * \text{cellulose})$. Les données obtenues concernent le C stable et l' N en prenant l'hypothèse: quantité N = quantité C / 8 (**Tab 6**).

Tab 6. Premières estimations de ISB et applications pour les différents grands types d'apports en SC et SCV.

Données (exemples réalistes)	Systèmes Conventionnels			SCV				
	Fumier	Poudrette de parc	Ordures	Tiges Coton	Tiges Maïs	Tiges Sorgho	Tiges Mil	Brachiaria
Quantité apport T/ha/an	5	5	5	2	2	5	3	5
%C de l'apport	16.8	8.4	2.3	47.5	45.5	46.6	46.0	45.0
%N de l'apport	1.2	0.8	0.2	0.5	0.8	0.8	0.8	1.0
ISB de l'apport	0.5	0.5	0.5	0.51	0.33	0.31	0.38	0.33
k ₁ estimé (%)	8.4	4.2	1.1	24.2	15.2	14.6	17.6	14.7
Quantité C stable T/ha/an	0.42	0.21	0.06	0.48	0.30	0.73	0.53	0.74
Quantité N stable kg/ha/an	53	26	7	61	38	91	66	92
Quantité N à rajouter kg/ha/an	-6	-14	-1	50	22	51	42	42

Une première application de ce travail est d'aboutir rapidement à des modélisations d'évolution du stock en matières organiques des sols sous culture en fonction d'un minimum de jeu de données comme les biomasses moyennes annuelles des différents apports et les stocks au départ du sol. Un premier exemple de modélisation est montré dans la figure suivante (**Fig.16**).



Photo 10. En Systèmes Conventionnels les apports recyclés de qualité sont rares (fumier); les quantités restituées sont insuffisantes pour maintenir un niveau de C suffisant ; par contre aucune immobilisation d'N est à craindre à court terme.



Photo 11. Au Mali une association sorgho – Brachiaria peut produire jusqu'à 12 T MS / ha de résidus.

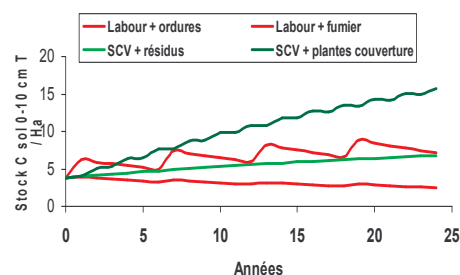


Fig 16. Modélisations sur un sol pauvre au départ (3 T C/ha sur 0-10): seul un SCV performant permet de redresser rapidement les stocks en C.

Une autre application est de définir une quantité minimale de N à apporter sous forme d'engrais minéral (urée) ou d'engrais vert (légumineuse fixatrice) au niveau de l'entretien azoté du sol à l'échelle du système de culture, de manière à accompagner le stockage en C, notamment lorsque le sol est pauvre en N. Par exemple, on constate (**Tab.6**) que pour le stockage de C issu de résidus de coton, sorgho, mil ou *Brachiaria*, il faille apporter en SCV un surplus de près de 50 kg N/ha, soit l'équivalent de 2 sacs d'urée / ha. Pour s'affranchir d'apport N supplémentaire il faudrait que la teneur en N des restitutions organiques atteigne 2%, soit le recours à une association de type céréale - légumineuse.

BIBLIOGRAPHIE

Deveze J.C. , Des Fontaines D.H., 2005. Le devenir des agricultures cotonnières : cas du Mali. AFD, Paris.

Djouara H., Belières J.F., Kébé D., 2005. Les exploitations agricoles familiales de la zone cotonnière du Mali face à la baisse des prix du coton graine. 14 p.

Gaborel C., Crétenet M., Guibert H., 2006. La fertilisation du cotonnier en Afrique subsaharienne. Note IFDC/Cirad, 2 p.

Findeling A., 2001. Etude et modélisation de certains effets du semis-direct avec paillis de résidus sur les bilans hydrique, thermique et azoté d'une culture de maïs pluvial au Mexique. Thèse ENGREF, Montpellier.

Keita M.S., Bélières J.F., Coulibaly J., Rapidel B., Pocard-Chapuis R., 2006. Organic manure availability, food security and poverty relationships at farm level in the old cotton basin of Mali.

Sá , Cerri , Marisa, Piccolo, Feigl , Buckner, Fornari , Marcia, Séguy, Bouzinac , Solismar, Venzke-Filho, Paulleti , Marcos and Neto , 2004. O plantio Direto como base do sistema de produção visando o seqüestro de carbono. Revista Plantio Direto. n.84, Novembro-Dezembro, p.45-61.

Sissoko F. et Autfray P., 2006. Projet PASE SCV, Rapport d'activités 2005, IER/Cirad Sikasso, 96 p + annexes.

Sissoko F. et Autfray P., 2007. Projet PASE SCV, Rapport d'activités 2006, IER/Cirad Sikasso, 77 p + annexes.

...A PROPOS DES SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES VEGETALES

Entretien d'un Conseiller Agricole avec un producteur de la
Zone Cotonnière du Mali



« Pour des raisons pratiques cet entretien ne suit pas le déroulement normal d'une telle scène en zone cotonnière ».

Conseiller : Bonjour mon cher comme convenu je suis venu pour qu'on puisse échanger au sujet de la nouvelle pratique que vous êtes entrain d'expérimenter dans votre exploitation.

Producteur : Comment va chez toi, je t'attendais justement pour ce faire.

Conseiller : D'accord donc sans plus tarder rentrons dans le vif du sujet ; quelle est ta compréhension par rapport à cette « nouvelle pratique » ?

Producteur : je pense comme toute innovation il va falloir bien cerner tous les contours pour se prononcer très clairement la dessus.

Conseiller : Tout à fait, je voudrais tout simplement que tu me dises ce que tu as déjà compris de cette façon de faire.

Producteur : Ma première compréhension est que cette technique était pratiquée d'une certaine façon chez nous avant l'adoption généralisée de la culture attelée. Nous semions certaines cultures sans travail du sol ; singulièrement le mil/sorgho. Mais avec les changements de la pluviométrie, du système de culture et avec vos conseils nous avons du changer de pas de danse afin d'être en phase avec les nouveaux rythmes. Ne dit-on pas que quand la musique change qu'il faut changer de pas de danse.



Semis Direct de mil avec un semoir conventionnel attelé : une pratique dominante en culture manuelle avant l'introduction de la traction animale

Conseiller : Est ce que tu penses que le SCV peut être une des solutions à certains de nos défis je veux parler principalement de :

- La gestion efficiente des débuts de campagne de plus en plus difficiles et incertains
- La stagnation voire la baisse de productivité de notre système de culture à base de coton.

Producteur : Tu sais sans trop savoir je pense que le gain de temps en début de campagne est quand même certain. Imagine un peu le temps que nous mettons pour labourer nos parcelles. En plus je pense que si la parcelle est bien couverte il y a nécessairement une protection contre déjà le soleil mais aussi contre le ruissellement en début de campagne et il y a forcément gain d'humidité dans la parcelle. Mais je pense aussi qu'on risque d'avoir des problèmes pour le pourrissement des résidus d'une année sur l'autre car tu sais que nos sols ne sont plus comme avant.

Conseiller : Ne pense surtout pas que je suis là pour que tu ne me dises ce qu'on t'a dit.

Je pense en tant que pratiquant tu as dû observer certaines choses que nous nous ne voyons pas. Le bloc de culture (*plus de 10 hectares*) n'a certainement pas les mêmes contraintes que la parcelle d'expérimentation (*1 hectare*).

Producteur : Tu sais le succès de cette opération est beaucoup lié à la réussite de ton herbicidage.

Si ton herbicidage « prend », pas de problème ; mais si d'aventure tu échoues à ce niveau alors sans un bon sarclage avec le multiculteur tu risques de perdre. Sinon si l'herbicide réussit tu ne feras qu'utiliser la petite daba pour les herbes que te jugera gênantes.

Formation aux herbicides : une nécessité pour une mise en place réussie aux premières parcelles SCV



Conseiller : Tu sais bien que tes avoirs sont beaucoup liés à ton rendement au champ et que penses-tu que cette pratique peut apporter à ce niveau ?

Producteur : Honnêtement je n'ai pas encore bien mesuré la différence avec le labour que nous connaissons. Peut-être à la longue si la parcelle reste comme ça il y aura quand même beaucoup de matière organique à condition que tout pourrisse normalement. Il faut un peu plus de temps ; nous ne savons pas si les résidus ne vont pas être un gîte pour les insectes.

En plus il faut bien réfléchir à toute la question foncière et trouver les moyens pour sécuriser les parcelles contre diverses agressions surtout les animaux.

Eh en dehors de tout ce que vous faites là il faut chercher des solutions beaucoup plus globales à l'ensemble de nos problèmes.

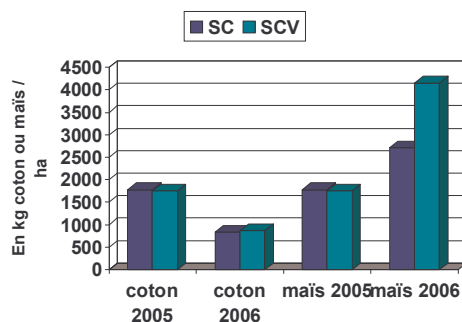
Conseiller : Je suis tout à fait d'accord avec toi sur le fond mais au-delà je pense qu'actuellement qu'il faudra aller avec les solutions les plus à notre portée d'un point de vue socioculturel, surtout économique faire en sorte pour ne pas compromettre l'avenir des générations futures. Nous sommes un pays sahélien avec tout ce que cela implique comme difficultés climatiques donc il faudra que nous arrivions à concilier nos pratiques agricoles avec les évolutions de différentes natures.

Producteur : Tout à fait mais tu sais aussi qu'il appartient à chaque génération de gérer ses problèmes.

Conseiller : Ne dit-on pas aussi que la terre est un bien que nous prêtons nos enfants ?

Producteurs : Oh tu sais je voudrais te parler surtout de ce paradoxe que nous vivons actuellement c'est à dire l'année où nous les producteurs produisons bien c'est cette même année que nous vivons le cauchemar parce que nos produits restent entre nos bras ou carrément nous les bradons. Je ferais fi des problèmes du coton qui devient la chanson quotidienne.

Bon pour revenir à nos SCV je pense honnêtement que pour la réussite de l'action ; je voudrais dire pour que cela soit adopté il faudra que nous producteurs arrivions vraiment à mesurer le gain que ça nous rapporte comme pour les engrais, la charrue, les insecticides et autres ...



Résultats de l'expérimentation de l'agriculteur : les 2 années pas de différence entre Labour et SCV ; avec maïs une grande différence est apparue : les SCV ont été bien meilleurs que sur les SC (effet densité et localisation du complexe)